

- Відповідно суттєвий вплив гіроскопічних моментів проявляється при високих частотах обертання шпинделя.
4. Дія поля гіроскопічних моментів проявляється у виникненні незатухаючих коливань шпинделя, розмах яких має порядок 1 мкм. Коливання мають резонансні частоти в діапазонах 1150..1320; 620..680; 140..170 Гц, які відповідають власним частотам коливань парціальних динамічних підсистем шпиндельної бабки.
  5. Як напрямок подальших досліджень, рекомендується розробка методів компенсації впливу гіроскопічних моментів на динамічні процеси в рухомій шпиндельній бабці токарного верстата.

**Список літератури:** 1. *Струтинський В.Б.* Математичне моделювання процесів та систем механіки / В.Б. Струтинський. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 616 с. Библиогр.: 601-608. ISBN 966-7570-94-0, тир. 1000 прим. 2. *Струтинський В.Б.* Структурна стохастична математична модель биття шпинделя вертикально-фрезерного верстата / В.Б. Струтинський, П.П. Мельничук // Вісник Житомирського інженерно-технологічного інституту. – 2001. – Спеціальний випуск. – С. 223–228. ISSN 1728-4260, тир. 300 прим. 3. *Струтинський В.Б.* Математична модель вібраційного поля довговимірної маложорсткої заготовки при обробці деталей токарним автоматом / В.Б. Струтинський, А.В. Алексєєва // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві галузеве машинобудування, автоматизація. Вип. 12. – 2003. – С. 29–41., тир. 120 прим. 4. *Струтинський В.Б.* Математичне моделювання стохастичних процесів у системах приводів: Монографія. / В.Б. Струтинський, О.В. Колот – Краматорськ: ЗАТ “Тираж-51”, 2005. – 530 с. Библиогр.: 506-520. ISBN 966-302-540-9, тир. 500 прим. 5. *Кудинов В.А.* Динамика станков / А.В. Кудинов. – М.: Машиностроение, 1967. – 360 с. Библиогр.: с.348-357, тир. 10000 екз.

*Надійшла до редколегії 15.09.2010*

УДК 621.9

**М.А. ТКАЧЕНКО**, канд. техн. наук, ст. викладач, ДГМА, Краматорськ;  
**О.Ю. АНДРОНОВ**, канд. техн. наук, асистент, ДГМА, Краматорськ

### **ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ З УРАХУВАННЯМ НАДІЙНОСТІ РІЗЦІВ ВАЖКИХ ТОКАРНИХ ВЕРСТАТІВ**

Наведено результати досліджень в умовах підприємств важкого машинобудування експлуатації різальних інструментів при обробленні різних матеріалів. Розроблено модель надійності різця, за

допомогою якої можливе проектування різальних інструментів із заданим рівнем надійності та періодом стійкості, що дозволило розрахувати раціональні режими різання при обробленні на важких токарних верстатах.

Приведены результаты исследований эксплуатации режущих инструментов при обработке разных материалов в условиях предприятий тяжелого машиностроения. Разработана модель надежности резца, при помощи которой возможно проектирование режущих инструментов с заданным уровнем надежности и периодом стойкости, что позволило рассчитать рациональные режимы резания при обработке на тяжелых токарных станках.

The results of research in heavy machinery conditions of operation cutting tools with cutting different materials are given. The model reliability of a cutter which allows design cutting tools with a given level of reliability and tool life, which allowed to calculate a rational conditions of cutting heavy lathes.

**Вступ.** В умовах сучасного машинобудівного виробництва особливе значення набувають задачі з підвищення продуктивності металообробки, точності та конкурентоздатності продукції, впровадження технологій ресурсозбереження. Найважливішого значення рішення цих задач набуває при експлуатації різальних інструментів на важких верстатах простої яких обходяться дуже дорого. Ефективність процесу механічної обробки деталей на важких верстатах більшою мірою визначається регламентами експлуатації інструментів та їх надійністю.

На важких верстатах виконуються різноманітні операції, з яких приблизно 94% це токарні операції, з яких 70% пов'язані зі зняттям великих припусків [1]. Тому визначення раціональних параметрів експлуатації, визначення стійкості різальних інструментів і підвищення їх надійності є актуальною науковою і практичною задачею. Розробка ефективних режимів обточування інструментів на важких верстатах повинне проводитися, виходячи із заданого рівня надійності різального інструменту.

Дослідження експлуатації різців, оснащених пластинами з твердого сплаву, їх зношення та руйнування розглядались в багатьох роботах, зокрема [1, 2, 3].

**Метою роботи** є підвищення ефективності експлуатації та надійності різців важких токарних верстатів.

**Дослідження та аналіз даних про експлуатацію інструменту** у виробничих умовах здійснювались на підприємствах важкого машинобудування: ЗАТ «Новокраматорський машинобудівний завод», ВАТ «Краматорський завод важкого верстатобудування», Краснолиманських локомотивному та вагонному депо, а також депо Дебальцеве-Сортувальне при обробленні валків прокатування, валів роторів, корабельних гребних валів, залізничних колісних пар тощо. Основна частина досліджень проводилась у механічних цехах №3, 5 ЗАТ НКМЗ на верстатах виробництва ВАТ КЗВВ мод. 1К670Ф3, 1К675Ф3, КЖ16274Ф3 та КЖ16275Ф3 при обробленні продукції валкового виробництва. Зазначені верстати мають

найбільший розмір оброблюваної поверхні над супортом від 1300 до 2000 мм, при найбільшій довжині деталі в центрах до 18000 мм.

Аналіз номенклатури продукції показав, що найчастіше оброблюються сталі з високим вмістом хрому та інших легуючих елементів, зокрема такі як 70ХЗГНМФ, 90ХФ та ін. Розподіл оброблюваних матеріалів наведено на рис. 1. Останнім часом зі зменшенням виробництва валків, спостерігається збільшення частки великогабаритних валів роторів виготовлених зі сталей 34CrNiMo6 (аналог – 35Х2Н2МА), 42CrMo4V (42ХГМ) та корабельних гребних валів зі сталі АіSi4145Н (40ХГМ).

Різальні пластинки піддавалися алмазному шліфуванню й притиранню для видалення можливих нерівностей, що знижують точність вимірювань і для одержання вихідного різального клину з гострими різальними кромками. Кількість випробувань визначалась за умов, що ймовірність відхилення середнього від генеральної середньої на величину, більшу за  $x$  була найнижчою:

$$n = \frac{t_{кр}^2 V^2}{K^2}, \quad (1)$$

де  $V$  – коефіцієнт варіації величини зношення;  $K$  – коефіцієнт, який залежить від похибки  $\Delta x$ ;  $t_{кр}$  – критерій Ст'юдента.

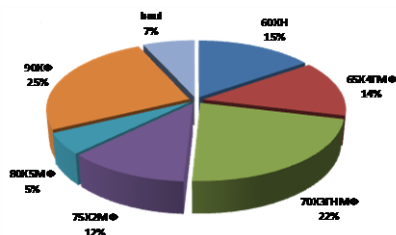


Рисунок 1 – Розподіл оброблюваних матеріалів валкового виробництва ЗАТ «Новокраматорський машинобудівний завод»

Кількість експериментів в одній серії випробувань із однаковими умовами різання перевищувала 12, що забезпечує досить високу точність одержуваних результатів. Для зменшення наслідків розсіювання властивостей матеріалу пластин всі дослідження однієї серії проводилися з використанням однієї партії різальних пластин.

Дослідження проводилися при різних режимах різання і геометрії інструменту. Режими різання змінювали в таких діапазонах:  $V = 50\text{--}270 \text{ м/хв}$ ,  $S = 0,3\text{--}2,5 \text{ мм/об}$ ,  $t = 0,3\text{--}5 \text{ мм}$ . Із заданими інтервалами машинного часу за допомогою приладу [4] фіксувалися перерізи різця уздовж головної різальної кромки. Дослідження показали, що по довжині різальної кромки величина зношування змінюється незначно, тому для наступного аналізу вибирався

переріз різця, що перебуває на відстані від вершини інструменту. Експерименти виявили, що з різною інтенсивністю зношування завжди відбувається як по передній, так і по задній поверхням різального інструменту. Інтенсивність зношування перебуває в безпосередній залежності від геометрії інструменту.

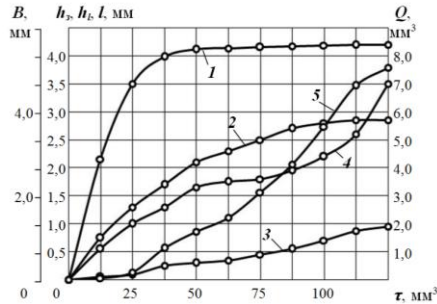


Рисунок 2 – Криві зношування різальної пластини SNMG 380932:

1 – ширина; 2 – довжина; 3 – глибина лунки;

4 – ширина фаски зношування по задній поверхні;

5 – об'єм матеріалу інструменту, вилученого з передньої поверхні

Об'єм матеріалу, який вилучений з передньої поверхні визначався розрахунковим способом за результатами вимірювань ширини, довжини та глибини лунки зношення. В результаті досліджень проаналізовано види відмов інструменту та побудовано криві зношування різальних пластин в умовах виробництва ЗАТ НКМЗ.

Проведені дослідження надійності токарних різців для важких токарних верстатів, конструкція яких найчастіше використовується в експлуатації. Різець токарний збірної конструкції з погляду надійності проаналізований як послідовна система елементів, вихід з ладу будь-якого приводить до відмови всієї технологічної системи.

Розроблена математична модель коефіцієнту готовності збірного різця як системи. Досліджено ремонтпридатність конструкцій, а також розроблено методику визначення поправочних коефіцієнтів на подачу в залежності від товщини пластини збірного різця.

Використовуючи різальні пластини з твердого сплаву, відновлення яких відбувається або обертотом її, або заміною, можливо вважати, що різальний елемент має дублювання. Математична модель надійності (2) розроблена на основі полумарківської моделі для схеми ненапруженого дублювання з відновленням для збірного токарного різця.

Математична модель надійності розроблена у вигляді коефіцієнта готовності

$$K_{\Gamma} = \left( 1 + \frac{\frac{\int_0^{\infty} f_1(x) dx + \int_0^{\infty} f_2(x) dx}{0}}{\frac{f_3(x) \int_0^{\infty} f_3(x) dx + f_4(x) \int_0^{\infty} f_4(x) dx}{0}} \right)^{-1}, \quad (2)$$

де  $f_1, f_2$  – часи безвідмовної роботи елементів токарного різця, розподілені за деякими законами функції, хв.;  $f_3, f_4$  – часи відновлення, розподілені за деякими законами функції, хв.;  $x$  – час відновлення, хв.

За допомогою цієї моделі можливе задаватися інтенсивністю відновлення при конструюванні різальних інструментів, тобто для одержання заданого рівня надійності підібрати такі конструктивні розв'язки, які дозволять забезпечити певні показники ремонтпридатності. Інтенсивність відмов дозволяє оцінити зміну міцності різальної пластини під впливом факторів, що діють за період стійкості.

З погляду надійності збірний різець розглянутий як послідовна технологічна система елементів, для якої загальний рівень надійності дорівнює

$$H_{\text{різця}} = \prod_{i=1}^N P_i,$$

де  $N$  – число елементів конструкції збірного різця,  $P_i$  – імовірність безвідмовної роботи кожного елемента.

Перевірка адекватності моделі коефіцієнта готовності проводилась за результатами випробувань збірних різців та здійснена за критерієм Колмогорова.

Задача визначення раціональних режимів експлуатації інструменту вирішується з урахуванням всіх технологічних і техніко-економічних факторів. Для визначення точки компромісу найприйнятнішим показником, з погляду виробника, є продуктивність обробки. Разом з тим, очевидно те, що на практиці вибір параметрів інструменту й режимів різання залежить від конкретної виробничої ситуації й зміщується у бік зменшення приведених витрат (рис. 3).

Зі змінних параметрів найсуттєвіше змінюється подача  $s$ , мм/об у бік зменшення й поступово зростає швидкість різання  $V$ , м/хв. Зменшення подачі й збільшення швидкості різання однаковою мірою впливає на основний і штучний час, зменшуючи витрати. Режими різання впливають подвійно на стан процесу механічної обробки. Зі збільшенням подачі зростає ймовірність руйнування різального інструменту, збільшується коефіцієнт варіації стійкості інструменту. Зростання швидкості знижує вартість, але позитивно впливає на коефіцієнт варіації стійкості.

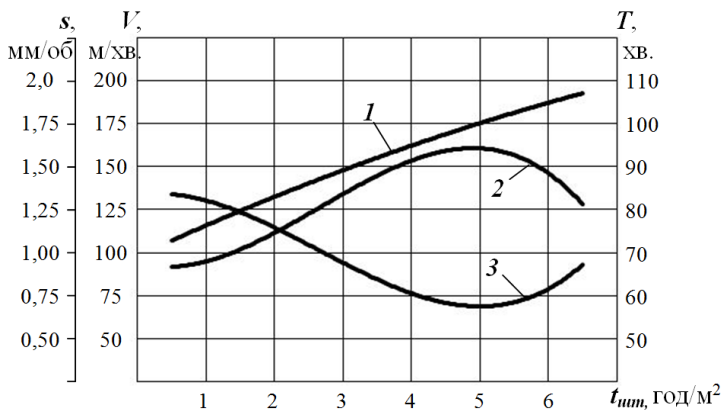


Рисунок 3 – Зміна оптимізованих параметрів залежно від мінімуму прийнятого критерію: 1 – період стійкості,  $T$ ; 2 – швидкість різання,  $V$ ; 3 – подача,  $s$

На рис. 4 наведено результати розрахунків оптимальних режимів різання при обробленні прокатного валку із сталі 70ХЗГНМФ, які забезпечують максимальну продуктивність.

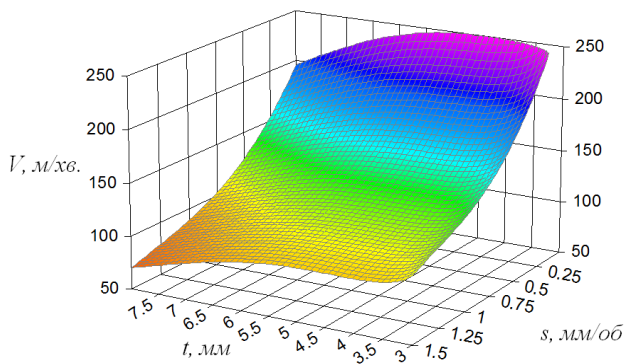


Рисунок 4 – Режими різання для обробки валку із сталі 70ХЗГНМФ в умовах ЗАТ «НКМЗ», що забезпечують максимальну продуктивність

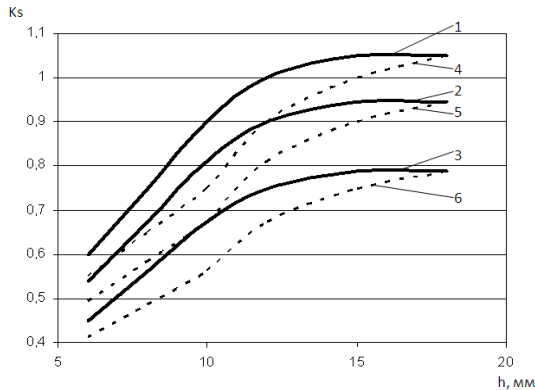


Рисунок 5 – Поправочні коефіцієнти на подачу в залежності від товщини різальної пластини та рівня надійності різця:

1 – висота держака  $H = 40$  мм, рівень надійності 0,65; 2 – висота держака  $H = 40$  мм, рівень надійності 0,8; 3 – висота держака  $H = 40$  мм, рівень надійності 0,9; 4 – висота держака  $H = 63$  мм, рівень надійності 0,65; 5 – висота держака  $H = 63$  мм, рівень надійності 0,8; 6 – висота держака  $H = 63$  мм, рівень надійності 0,9

На рис. 4 наведено результати розрахунків оптимальних режимів різання при обробленні прокатного валку із сталі 70ХЗГНМФ, які забезпечують максимальну продуктивність.

**Выводы.** В результаті досліджень на основі розробленої математичної моделі надійності та аналізу умов експлуатації різальних інструментів на важких токарних верстатах розраховано раціональні режими різання при обточуванні з урахуванням рівня надійності та прогнозування стійкості різця, розроблено поправочні коефіцієнти на подачу (рис.5) при експлуатації збірних різців.

**Список літератури:** 1. Клименко Г. П. Анализ вероятности разрушения режущих инструментов тяжелых станков / Г. П. Клименко, Я. В. Васильченко, А. Ю. Андронов // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. праць. – Краматорськ: ДДМА, 2003. – Вип. 13. – С. 77–81. 60. 2. Клименко Г. П. Анализ отказов токарных резцов тяжелых станков / Г. П. Клименко, А. Ю. Андронов, Н. А. Ткаченко // Машиностроение и техносфера XXI века: сборник трудов XIV международной научно-технической конференции : в 5 т. – Донецк: ДонНТУ, 2007. – Т. 2. – С. 148–150. 3. Ткаченко Н. А. Моделирование отказов твердосплавного инструмента / Н. А. Ткаченко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. праць. – Краматорськ-Київ: ДДМА, 2006. – Вип. 19. – С. 267–272. 4. Пат. 41192 Україна, МПК G01B 11/30. Оптичний прилад для неруйнівного контролю форми передньої поверхні різальних пластин / Г. П. Клименко, М. А. Ткаченко, Є. В. Мішура, О. В. Пономаренко; заявник та правовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 200814116; заявл. 08.12.2008; опубл. 12.05.2009, Бюл. № 9/2009.

*Надійшла до редколегії 29.09.2010*